



## **Středoškolská technika 2012**

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

# **Elektronkový vysílač**

**ŠIK Václav**

Vyšší odborná škola a Střední škola slaboproudé elektrotechniky

Novovysočanská 48/280

190 00 Praha 9



## ANOTACE

Účelem naší dlouhodobé maturitní práce bylo teoreticky zpracovat elektronkový vysílač a nakonec zkonstruovat a vyzkoušet jeho funkci. Použita byla elektronka EF183. S touto elektronkou byl zkonstruován nízko výkonový vysílač. Dále účelem této práce bylo zkonstruovat výkonový vysílač. Vysílač byl zkonstruován s elektronkou GU-81m. Každý vysílač je sestaven na svojí základní desce. Pro modulaci byl použit převodní EI transformátor v poměru 1:42. Napájení je řešeno pomocí síťových transformátorů (230V). Anodová napětí jsou řešena pomocí jednocestných usměrňovačů, VN transformátorů a násobičů. Při konstrukci se ukázalo, že se na oddělení od rozvodné sítě musí použít oddělovací transformátor, aby VN část vysílače byla oddělena od sítě. Zapnutí vysílače je řešeno pomocí zpoždění, aby nedošlo ke zničení elektronek.

## ANNOTATION

The purpose of our long-term graduation work was to process theoretically an electronic transmitter and then finally construct it and test its functions. Vacuum tube EF183 was used to complete this task. We made low power transmitter using selected vacuum tube. Another aim of my work was to construct power transmitter. The transmitter has been designed using vacuum tube GU-81m. Each transmitter is set up on its motherboard. For the modulation, EI transformer was used in the ratio of 1: 42. Power supply is provided by the network of transformers (230V). Anode voltage is provided using one-way voltage-multiplying rectifiers, HV transformers and multipliers. During the construction process, it turned out that for the separation from a distribution network there must be used separating transformer to have HV part of the transmitters separated from the network. Turning on is solved by using the time delay circuit to avoid the destruction of vacuum tubes.

## Obsah

<b>Zadání maturitní práce</b> .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>	
1	Objev a historie elektronek .....	4
2	Porovnání patice elektronek .....	5
2.1	Elektronky nízko-výkonové: .....	5
2.2	Patice výkonových elektronek: .....	8
2.3	Charakteristické hodnoty elektronek .....	11
3	Výhody a nevýhody použití vysílacích elektronek .....	13
3.1	Nevýhody elektronek .....	13
3.2	Výhody elektronek .....	13
3.3	Výkonové zdroje pro elektronky .....	14
3.3.1	Přirozené chlazení .....	16
3.3.2	Nucené neřízené chlazení .....	16
3.3.3	Nucené řízené chlazení .....	16
3.4	Přehřívání a chlazení elektronek .....	17
4.3.1	Chlazení vzduchem .....	18
4.3.2	Chlazení vodní .....	19
4	Sestavení elektronkového vysílače .....	20
4.1	Funkce vysílače .....	22
4.2	Parametry vysílače .....	23
5	Závěr .....	24
6	Použitá literatury a odkazy .....	24
7	Seznam příloh .....	25

# 1 Objev a historie elektronek

Elektronky, ať už vysílací nebo ty, co známe ze starých rádií vznikly, původně ze žárovky. A to tak, že T. A. Edison objevil tepelnou emisi elektronů v roce 1883. Dnes se mu říká Edisonův efekt. Edison experimentoval se žárovkami a přitom hledal vhodný materiál pro jejich vlákna. Při svých experimentech s uhlíkovým vláknem si povšiml namodralého záření na jejich koncích. Jeho experiment pokračoval dál tím, že zatavil do žárovkové baňky další elektrodu. Připojil k ní kladný pól baterie, vlákno nažhavlil a na jeden konec k němu připojil druhý pól baterie (tzn. Elektronka s přímým žhavením). A zjistil že tímto obvodem prochází malý proud. Tímto vznikla první elektronka – dioda r. 1904 - J.A.Fleming.

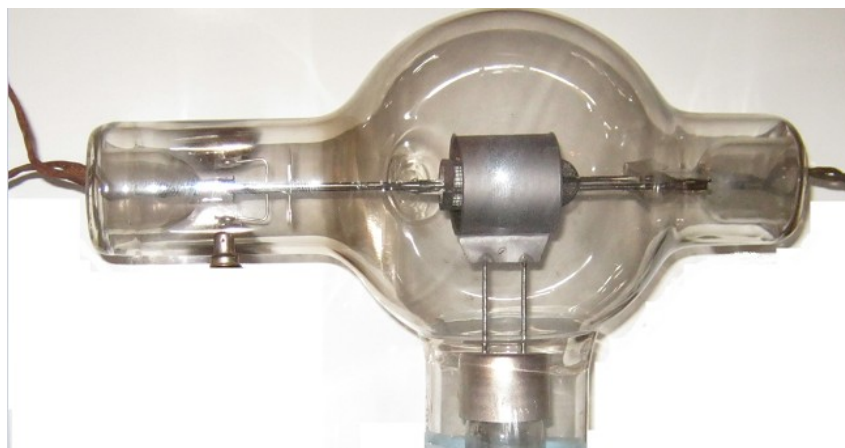


1. obr Flemingova dioda



2. obr Porovnání vakuové usměrňovací diody s polovodičovou.

Principiálně elektronky zůstali v původní podobě, jen se do baňek zatavovaly další elektrody. Tímto pak vznikla trioda, tetroda, pentoda, hexoda atd. Následně v roce 1906 Lee De Forest vytvořil a nechal si patentovat první zesilovací prvek – triodu.



3. obr Stará výkonová trioda,  
podobá se první triodě.

## 2 Porovnání patice elektronek

Máme dvě základní skupiny elektronek a rozdělujeme je na elektrony nízko-výkonové (takže elektrony ze starých TV), R) a elektrony vysílací.



4. obr Bakelitová patice pro

### 2.1 Elektrony nízko-výkonové:

Patice jsou základně konstruovány z bakelitu nebo z keramiky, ve kterém jsou vyvrtány dírky pro kontaktní dutinku. Taková dutinka je většinou vyrobena z mosazi a to ze dvou důvodů. Jedním důvodem je právě vodivost tohoto materiálu a druhým důvodem je,



5. obr Keramická patice

že mosaz neoxiduje tak rychle jako třeba měď. Tyto dutinky se vyrábí ale i z měděných materiálů a slitin s jinými kovy a oxidací se zabraňuje pokovováním, tedy elektrolyzováním ušlechtilými kovy, třeba nikl, zlato.



6. obr. Galvanicky pozlacená

V Rusku se tyto materiály stříbřily, což se až po letech ukázalo jako nevhodné, protože stříbro také oxiduje a na povrchu vzniká černý povlak, který velice odolně zabraňuje kontaktu (s tímto problémem se můžeme třeba setkat při opravě starých rádiových přijímačů nebo televizí) – tudíž nefunkčnost elektronky.

7. obr. Stříbřená stará patice  
výkonové elektronky GU-43B

Výhodou keramické patice je stálost materiálu a při výměně elektronky nehrozí prasknutí patice. Takový bakelit i třeba teplotním namáháním mění svoje vlastnosti, tudíž není stálý jako keramika. Aby nedošlo k záměně (pootočení – přehození kontaktů elektronky), a tím nedošlo k zničení samotné elektronky nebo nedošlo k zničení ostatních elektronek a elektroniky. Proto se do patice implantuje jakýsi klíč, do kterého pouze jedním způsobem zapadne elektronka. Většinou se to řeší nesymetrií kontaktu elektronky – viz keramická patice. Nebo tak, že elektronka má středový „kolík“ na kterém je umístěn vroubek (klíč.) Elektronka s tímto středovým kolíkem může mít tedy symetrické kontakty. Do patice, která se umísťuje na plošný spoj, je vyroben zářez, na který elektronka správně dosedne.



8. obr. Patice se středovým klíčem

Elektronky, které se používaly jako jednocestné usměřovače tak se jeho patice vyráběla do žárovkového závitu E27 a také E40 pro vyšší výkony. Byl to tedy – tedy jednocestný usměřovač. Anoda, což je další kontakt elektronky obvykle umístěný na vrchu elektronky, tudíž na skleněné baňce, ve které je otvor pro drátek (podle výkonu elektronky se jeho průměr bude lišit). Drátek, při výrobě elektronky je zataven do skla a pak následně přiletován na kovovou čepičku, která tvoří kontakt buď pro přiletování drátku nebo pro nasouvací „skřípec“.



9. obr Patice – žárovkový závit E27, a detail anody.



10. obr Nacvakávací skřípec na anodě

Často tímto konektorem je anoda. Někdy zpravidla u pentod, je i společně s anodou vyvedena mřížka G3 (například u elektronky GU-81m, se kterou bude konstruován výkonový vysílač).



11. obr Výkonová elektronka GU-81m. Z elektronky je vyvedena jak anoda, tak mřížka G3

## 2.2 Patice výkonových elektronek:

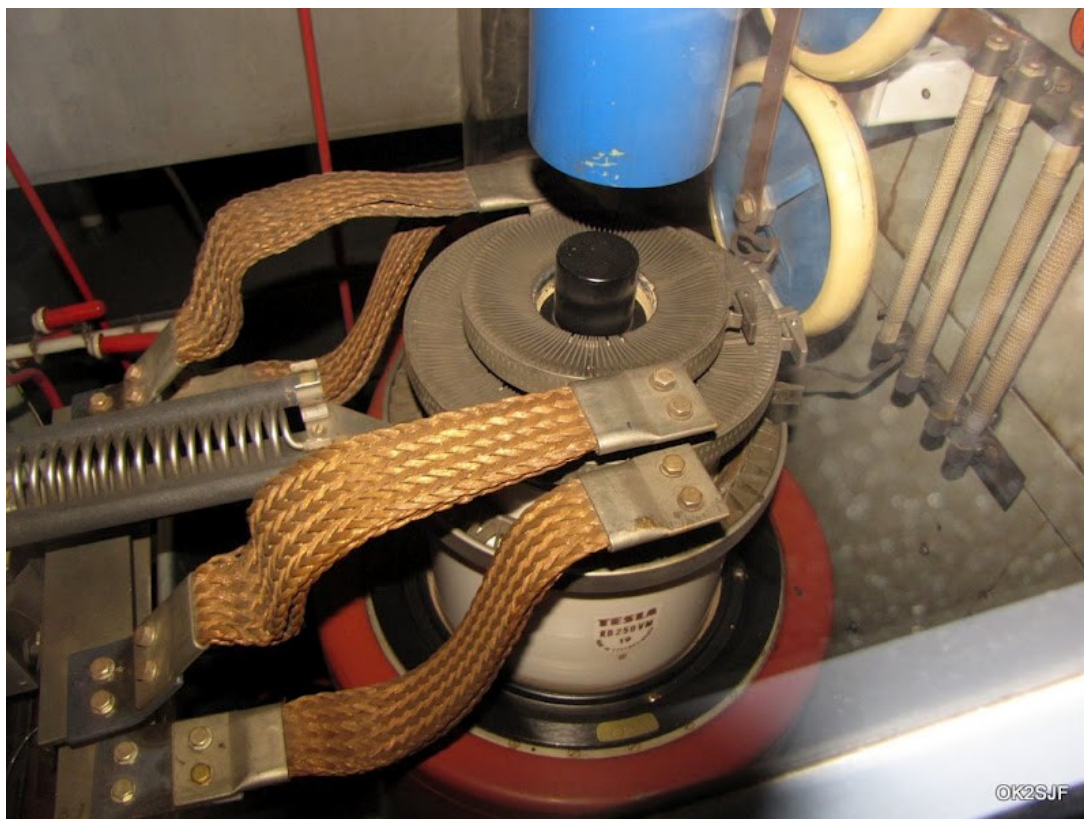
Tyto patice jsou základně konstruovány z velmi tepelně odolných materiálů, jako je například keramika, kterou je možná použít do vysokých teplot a teplotních rozdílů. Dalším velmi vhodným materiálem je teflon, který se dá použít do maximální teploty 300 stupňů Celsia. Dalším hodně častým materiálem je plexisklo, které známe pod názvem akrylátové sklo. Tento materiál se dá použít do teplot až 100 stupňů celsia. Tato teplota zpravidla nikdy na patici nebude, mohla by být jen



12. obr Patice elektronky GU-81m z



tehdy, když nebude kvalitní kontakt mezi patičí základnovou (do ní se zasouvá elektronka) a patičí na elektronce. Vzniká tam tzv. přechodový odpor, který zahřívá kontakty. Dalším důvodem k přehřátí je, že elektronka je zavřena ve skříni (přístroji) a není tam dostatečné proudění tepla a tím zahřívá okolní komponenty zařízení. Kontakty vysílacích elektronek musí být konstruovány tak aby snesly trvalý provoz (například vně vysílače). A musí být předimenzovány, zejména kvůli vysokým hodnotám proudů, které se vyskytují ve vysílačích. Jedním typem kontaktu patic, jsou kontakty měděné, které jsou kvůli vodivosti vyráběny z masivní mědi. Tyto konektory bývají opatřeny pérovou pružinkou nebo jsou kontakty vyrobeny z tvrdší mědi a jsou zahnuty jako na obrázku – patice z keramiky. Pružinka drží kontakty pevně sepnuté, aby nedocházelo k roztažení kontaktu (například při výměnách elektronky) a tím k přechodovému odporu. Dalším typem kontaktu jsou konektory svorkové nebo se jim také říká objímkové.



13. obr. Objímkový kontakt patice vysílací elektronky RD250VM. Na obrázku jsou vidět lupínkové pásky, které jsou pružné a tak zabráňují při velikém utahení prasknutí patice elektronky. Mohutné ploché pásové vodiče slouží k přívodu 680A pro žhavení elektronky.

Ty se používají na vysílací elektronky mnohem častěji, protože do elektronky tečou ohromné proudy do žhavení až 700A. Elektronka nemá, jak již známe kolíčky. Je vyšší a je odstupně dělena kovovými páskami okolo elektronky (nejvyšší – průměr zpravidla chladič bývá anoda). Pak je po jednotlivých skocích elektronka odstíněna – vždy menší průměr = další konektor. Tyto konektory se stahují pomocí šroubů (jsou podobné jako spojky na hadice). Vodiče jdoucí k výkonové elektronce již nemají PVC izolaci, nýbrž jsou to ploché pásové vodiče – licny- Tyto licny se používají kvůli vysokým výkonům elektronek a jejich proudové náročnosti.



14. obr. zleva usměřňovací elektronka a zprava vysílací trioda o výkonu 3kW.  
Anodou elektronky jsou již zmínění chladiče.

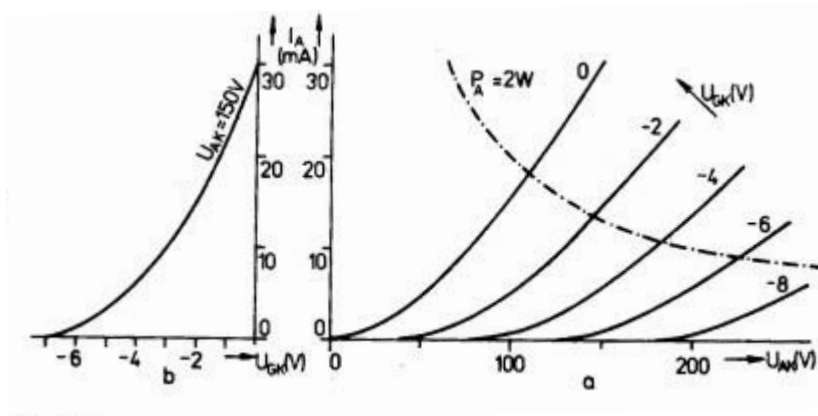
## 2.3 Charakteristické hodnoty elektronek

Vlastnosti elektronek se vyjadřují podle jejich charakteristických hodnot, které lze stanovit z převodových a anodových charakteristik. Jsou to strmost  $S$ , zesilovací činitel  $D$  a vnitřní odpor  $R_i$ . Zajímá nás především přímá část charakteristiky, kde jsou tyto hodnoty poměrně stálé.

Strmost  $S$  - udává o kolik miliampérmetrů se změní anodový proud, změní – li se napětí na mřížce o jeden volt. Velká strmost elektrony je její předností. Znamená to, že poměrně malá změna mřížkového napětí vyvolá velkou změnu anodového proudu. Této vlastnosti se využívá u zesilovačů. Strmost určuje řídicí účinek samotné mřížky. Poměr těchto dvou účinků se nazývá zesilovací činitel. Strmost závisí na vzdálenosti mezi mřížkou a katodou. Jsou-li tyto elektrody blízko sebe, může mřížka malým napětím ovládat velký proud, tedy strmost je veliká.

Vnitřní odpor elektrony je odpor, který představuje elektrona pro střídavou složku anodového proudu. Je definován jako poměr změny anodového proudu při určitém napětí na mřížce  $U_g$ .

Je zřejmé, že charakteristické hodnoty elektrony jsou závislé především na konstrukci elektrony. Výhodné jsou silné nepřímo žhavené katody, které se teplem nedeformují a dovolují malé vzdálenosti bez nebezpečí zkratu. Jejich další výhodou je velká emisní plocha, takže jsou schopny emitovat velký proud. Zesilovací činitel nebo proud závisí na hustotě závitů mřížky a na poměru vzdáleností mřížky a anody od katody. Čím je mřížka hustější a blíže ke katodě a anoda vzdálenější, tím je vliv anody menší a mřížky větší.



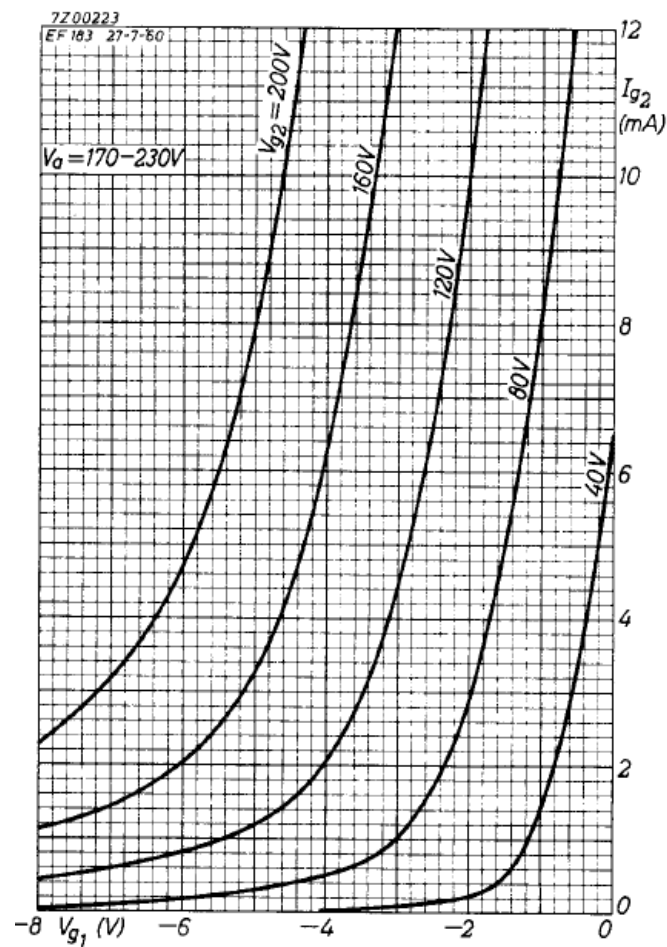
15. obr. Vlevo mřížková charakteristika a vpravo anodová.

Každá elektronka má mezi jednotlivými mřížkami, anodou i katodou tzv. parazitní kapacity. Ty to kapacity jsou napsány v katalogovém listu elektronky. Jsou v řádech pF. Zesilovací činitel elektronky bývá kolem 50. U každé elektronky je tomu jinak. Se zvyšující se frekvencí, klesá zesílení elektronky z důvodu parazitní kapacity mezi anodou a mřížkou. Tvoří tam zápornou zpětnou vazbu. Pracovní kmitočet elektronky je udáván v desítkách MHz.

### CAPACITANCES

Anode to all except grid No. 1	$C_{a(g_1)}$	3 pF
Grid No. 1 to all except anode	$C_{g_1(a)}$	9.5 pF
Anode to grid No. 1	$C_{ag_1}$	max. 0.005 pF
Grid No. 1 to grid No. 2	$C_{g_1g_2}$	2.8 pF

16. obr. Parazitní kapacity elektronky EF183



17. obr. Mřížková charakteristika elektronky EF183

### 3 Výhody a nevýhody použití vysílacích elektronek

Výhod a nevýhod použití elektronek dnes je hned několik. Zmíním několik základních a docela podstatných výhod a nevýhod v použití vysílacích elektronek ve vysílačích.

#### 3.1 *Nevýhody elektronek*

Dnes je kladen veliký důraz na ekonomičnost provozu, Toto elektronky vůbec nesplňují, protože jejich ohromné příkony na žhavení jsou velice nákladné. Tyto příkony se zpravidla v 99% přeměňují na teplo. Dále elektronky pracují s velmi vysokými napětími na anodách a se zápornými přepětími na mřížkách. Vysokých napětí se dosahuje pomocí transformátoru a dále vysokonapěťovými usměrňovači. Elektronka po čase provozu začne pomalu ztrácet katodovou emisi. Téměř ve všech elektronkách jsou těžké kovy, páry rtuti, arsen a další jiné nebezpečné látky, které životnímu prostředí škodí. Na každé elektronce, která kdy byla v provozu a tím pádem i pod vysokým napětím se vyskytuje velice nepatrné(zbytkové) gamma záření. Elektronkové vysílače musí být na rozdíl od polovodičových postaveny na pevném podloží a základech. Pevné základy a tudíž i podloží musí být z důvodu vnějších vibrací a otřesů, které může nastat pohybem litosférických desek . Elektronky by mohli třeba prasknout. Také musí být ve stálém tepelném prostředí, nebo v prostředí s nepatrnými rozdíly teplot. Mohlo by dojít při prudké změně teploty k prasknutí skla nebo keramiky podle toho z jakého materiálu je elektronka vyrobena.

#### 3.2 *Výhody elektronek.*

Elektronky mají obrovskou výhodu oproti polovodičovým vysílačům a zařízením. Jsou totiž odolné vůči gamma záření. Gamma záření neovlivňuje nijak funkci elektronky, ale polovodič se důsledkem ozáření gamma paprsky stane vodičem a tak ztratí svojí funkci, proto se elektronky používají ve vojenské technice. Chlazení elektronek není nijak extra náročné, protože snesou vysoké teploty, oproti polovodičům, které jsou velice citlivé na překročení teplot. Zkonstruování vzduchového nebo vodního chlazení je jednoduché, záleží jen na použití vhodného ventilátoru s patřičným průtokem vzduchu nebo čerpadla s patřičným průtokem vody nebo chladicí kapaliny. Polovodiče musí být velice důkladně přišroubovány k chladičům, ať vzduchovým nebo vodním, což je obrovskou nevýhodou.

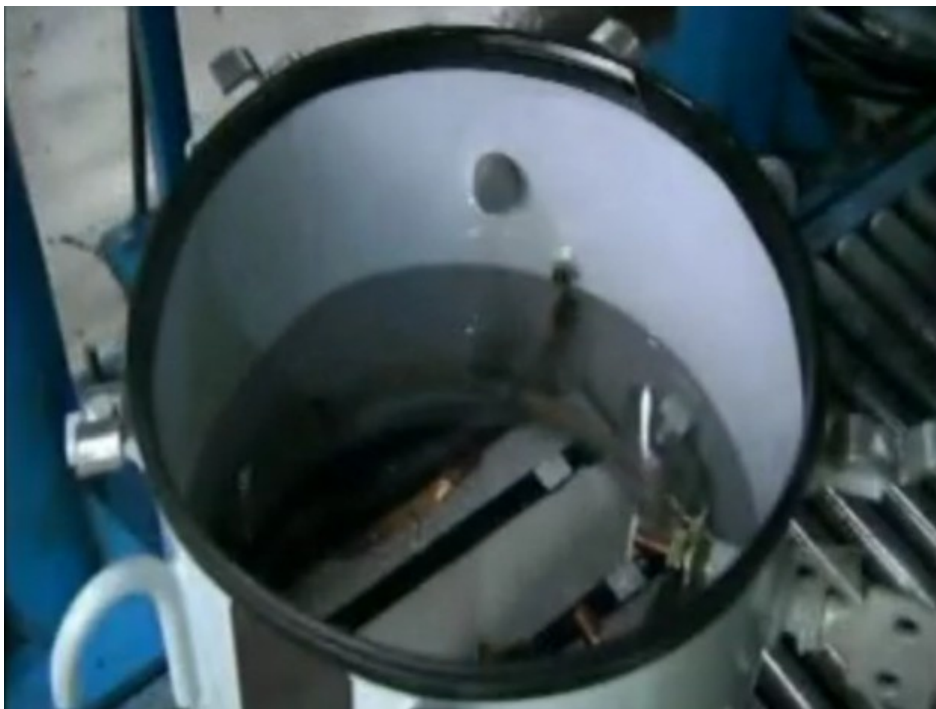
### 3.3 Výkonové zdroje pro elektronky

Jelikož vysílací elektronky potřebují relativně malé napětí cca. 30V, ale vysoký proud pro žhavení, musí být pro tento účel konstruované speciální transformátory nebo baterie, co dají vysoký proud a to trvale, protože vysílač pro přehřátí žhavicího transformátoru nemůžeme jen tak odstavit. Baterie se zejména používají pro mobilní vysílače, kde není elektrická síť. Baterie jsou spojovány buď paralelně, sériově nebo sério-paralelně. Tímto spojením se dosahuje buď vyššího napětí nebo proudu. Tyto baterie jsou z výroby vyrobeny na míru pro konkrétní vysílací elektronku, protože standardně nemají elektronky žhavicí napětí takové, jaké se vyrábí baterie. Musí mít tedy správné výstupní napětí, aby nedocházelo k přezhavení a nebo podžhavení elektronky. Přezhavením nebo podžhavením se elektronce zkracuje životnost. Používají se kyselino-olověné. Jsou schopny dodat proud až stovky ampér. Jelikož žhavení má veliký odběr tak baterie musí mít hodně velkou kapacitu. Nepoužívají se zde klasické startovací baterie, ale trakční baterie. Tyto baterie jsou navrženy tak, aby vydrželi pravidelné nabíjení a vybití. Mají speciálně upravené tlusté elektrody, které méně podléhají opotřebování elektrod. Nedají tak vysoký proud jako klasické baterie, ale vydrží hluboké vybití. Nevýhodou baterií jsou velké rozměry, velká váha, omezená energie. Žhavicí transformátory odebírají relativně vysoký výkon z rozvodové sítě tak pravděpodobně nebudou konstruovány z napětí 230V (jednofázové napětí) nebo 400V (mezifázové napětí), ale z napětí, které je o řád výše, tj., 2,3kV. Transformátory by mohli být z 230V, ale bylo by za potřebí dalšího převodního transformátoru což vede k dalším neekonomickým ztrátám v transformátorech. Kvůli vysokým výkonům (spotřebám) transformátorů je nemůžeme jen tak připojit do sítě nějakým vypínačem, protože by při následném zapnutí a zatížení transformátoru shořel. K připojení transformátoru se používají výkonové stykače s časovými obvody, které v první fázi zapnutí transformátoru sepnou napětí přes omezovač proudu a pak až odpadnou časové obvody, nastane druhá fáze a napětí je puštěno přímo ze sítě bez omezovače. Jako proudové omezovače se zde mohou použít výkonové odpory, které musí být chlazeny. Nebo se zde dá například použít tlumivka. Tlumivka je cívka, která je namotána na železném jádře. Samozřejmě musí být dimenzována na požadovaný výkon. V transformátorech jsou jak tepelné ztráty, tak ztráty v jádře transformátoru. Účinnost u transformátorů na železných jádrech je přibližně kolem 70%. Tyto transformátory mohou být na jádrech typu EI, C, M (tvary plechů, liší se skládáním). Vinutí transformátoru se dělá z měděných vodičů nebo pásů, kterých z důvodu výkonu může být vinuto několik paralelně. Měď se používá kvůli její vysoké elektrické vodivosti.



18. obr. Vinutí transformátoru paralelními měděnými pásky a hotové zaizolované trafo

Jde o to, že v těchto transformátorech musí být sekundární strana předimenzována tak, aby nedocházelo ještě k tepelným ztrátám ve vinutí transformátoru a tak tam nevznikal úbytek napětí. S tímto také hodně souvisí chlazení těchto transformátorů. Výkonové transformátory mohou být chlazeny několika způsoby. A to přirozeně, nuceně neřízeně, nuceně řízeně. Na každém zalitém transformátoru je expanzní nádobka, která je naplněna olejem.



19. obr. Transformátor ponořený v oleji

### **3.3.1 Přirozené chlazení**

Je takové chlazení, do kterého není třeba zásah člověka. Transformátor se tak chladí sám a to tak, že se teplo z vinutí přenáší do pláště transformátoru pomocí oleje. Transformátor se umístí do obalu a zalije se řídkým transformátorovým olejem, do kterého jsou přidány elektroizolační chemikálie. Řídký musí být proto, protože lépe odvádí teplo i z těch nejhůře dostupných míst (tj. mezi závity transformátoru). Transformátor má na sobě žebrování – radiátory, kterými samocirkulací protéká a tím se ochlazuje olej. Této samocirkulace se třeba využívá v topení na pevná paliva.

### **3.3.2 Nucené neřízené chlazení**

Je takové chlazení, u kterého požadujeme co nejrychlejší sestup na co nejnižší teplotu. V praxi jsou ofukována žebra transformátoru ventilátorem. Samocirkulací studeného a teplého oleje se postupně ochlazuje. Jelikož zde je požadavek na co nejrychlejší uchlazení, tak se k chlazení může přidat čerpadlo, které bude prohánět olej přes tepelný výměník tj. žebrování transformátoru.

### **3.3.3 Nucené řízené chlazení**

Zde se klade důraz(požadavek) na rychlost chlazení. Spočívá to v tom, že daný transformátor musí být co nejrychleji ochlazen z vysoké teploty na teplotu přirozenou (pro transformátor), na které je pak následně kombinací chlazení udržován. Ale většinou jsou transformátory konstruovány tak, že není potřeba těchto druhů chlazení.





20. obr. Výkonový transformátor s oběhovými čerpadly a chladícími ventilátory

Transformátory mají tepelné ochranné pojistky. Při přehřátí transformátoru nebo třeba při vzniklém požáru rozvodny dojde ke zvýšení teploty a tyto pojistky pomocí stykačů odpojí transformátor od elektrické sítě. Prakticky tepelná pojistka odpojí cívku stykače a stykač odpadne a tím přeruší přívod napětí z elektrické rozvodné sítě. Z pravidla se jen používá přirozené chlazení. Tento druh chlazení můžeme třeba vidět na sloupech VVN, kde je VVN transformováno na VN a následně po dalším rozvodu na NN.

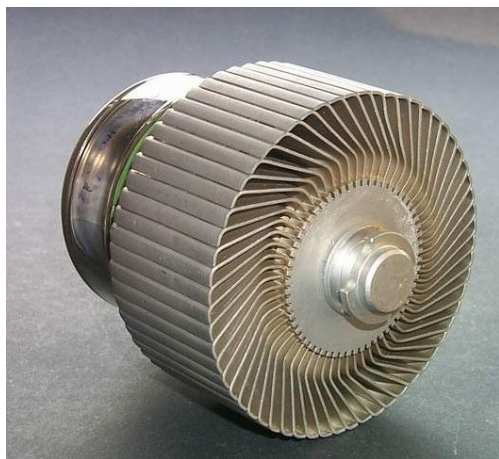
### 3.4 *Přehřívání a chlazení elektronek*

Výkonové elektrony ve skleněném nebo keramicko-kovovém obalu dosahují teplot klidně přes 300 stupňů Celsia. Tyto vysoké teploty jsou způsobeny v důsledku vysokých výkonů žhavení a samotnou funkcí elektrony. Žhavení produkuje 99% tepla, tudíž 99% spotřebovaného výkonu vyzáří tepelně a pouhopouhé 1% je světlo. Elektrony dosahující výkonů v řádek kW, desítek kW, již na sobě mají chladiče z hliníku nebo mědi, které jsou buďto pro chlazení vzduchem nebo průtokem vody. V katalogu dané elektrony je napsán

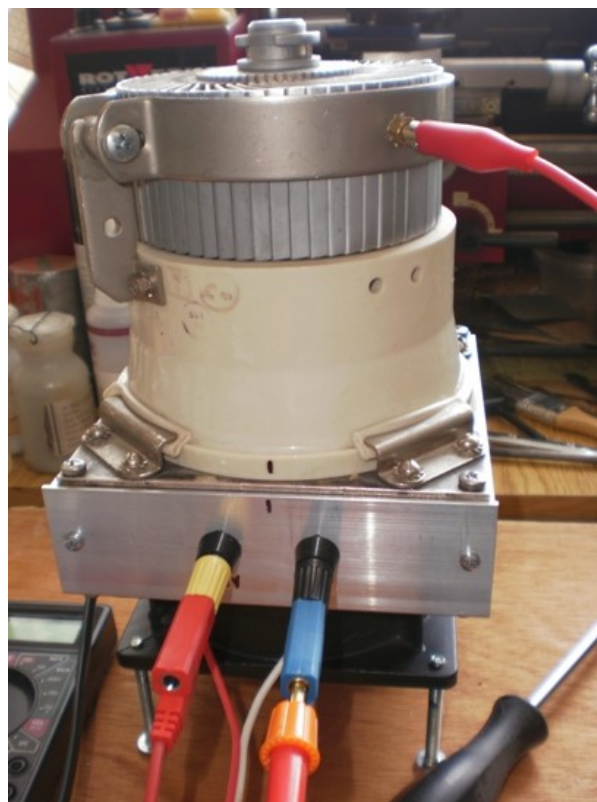
minimální proud vzduchu, který musí proudit elektronkou. Proud vzduchu se udává v m/s. Tak je tomu i u vodního chlazení. Také je zde popsáno jaký minimální průtok chladící kapaliny musí být v chladiči, aby nedošlo k přehřátí elektronky. Proud kapaliny se udává v metrech krychových.

#### 4.3.1 Chlazení vzduchem

Chlazení touto metodou musí být uzpůsoben chladič elektronky. Musí být tedy dutý, aby mohl chladičem foukat vzduch pomocí ventilátoru. Ventilátor musí být dostatečný, aby dosáhl minimálního průtoku vzduch v m/s, který je požadován v katalogu elektronky. Teplý vyfukovaný vzduch z chladiče může být odváděn vzduchovými hadicemi od elektronky pryč. Tímto se zabrání ohřívání vzduchu v místnosti.



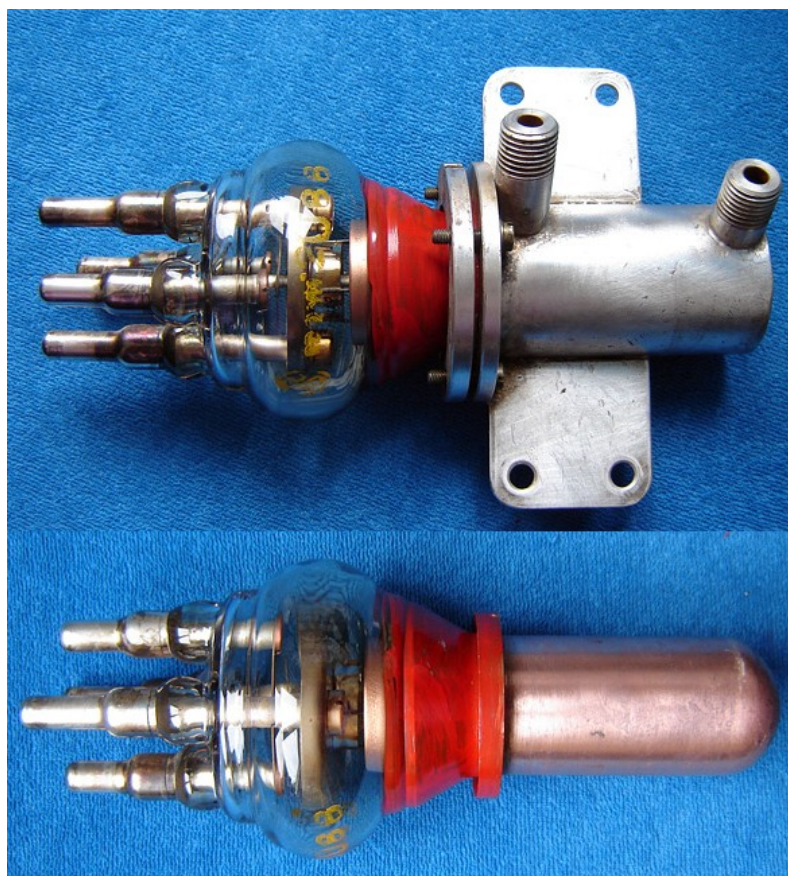
21. obr. Chladič elektronky GU43b(tetroda 1kW), který je uzpůsoben pro ventilátor.



22. obr. Elektronka Gu43b v patici s chladícím ventilátorem

### 4.3.2 Chlazení vodní

je takové chlazení, kde čerpadlo zajišťuje průtok vody, oleje, nebo chladicího média. Voda v tomto chlazení musí být demineralizována, aby nedocházelo k zanesení chladiče a trubek tepelného výměníku. Olej je zde velice řídký, aby dobře odváděl teplo a nekládl čerpadlu odpor. Zde již elektronky nemají velké mohutné chladiče, ale pouze malou kovovou, nejčastěji měděnou anodu, která je vyleštěna, aby byl co nejlepší tepelný kontakt mezi pláštěm a anodou. Aby byl ještě lepší kontakt mezi anodou a chladícím pláštěm, používala se silikonová vazelína.

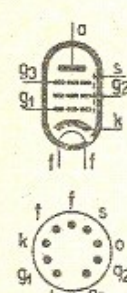


23. obr. Vodou chlazená RD2YW (přímožhavená 2kW trioda). Na vrchním obrázku je s vodním průtokovým chladičem a na spodním bez chladiče, kde je vidět měděná anoda.

## 4 Sestavení elektronkového vysílače

Elektronkový vysílač byl konstruován v podobě tzv. vrabčího hnízda. To znamená, že na patici elektronky byli letovány jednotlivé komponenty vysílače podle schématu. V prvním případě byli pomocí component testeru na osciloskopu zkontrolovány jednotlivé součástky, zda-li jsou v pořádku. Následně byla vyčištěna patice pomocí kontaktolu, což je přípravek na vyčištění zoxidovaných kontaktů. Po připájení všech komponentů na patici byla navinuta cívka na feritové jádro drátu o průměru 0,5mm. Použitý ferit byl o průměru 8mm a délky 12cm. Cívka byla navinuta podle navijecího předpisu v popisu zapojení. Ladící kondenzátor byl použit ze starého rádia o kapacitě 340pF. Jako modulační transformátor byl použit transformátor o výkonu 4,5VA s udávaným poměrem závitů 1:30. Ve schématu byli napsány typy elektronek které mohou být použity v tomto zapojení - 6F31, 6F32, EF80 a EF183. Podmínkou je, že elektronka nesmí mít spojenou katodu se třetí mřížkou. Já jsem použil elektronku EF183, protože byla dostupná a měl jsem jich hned několik.

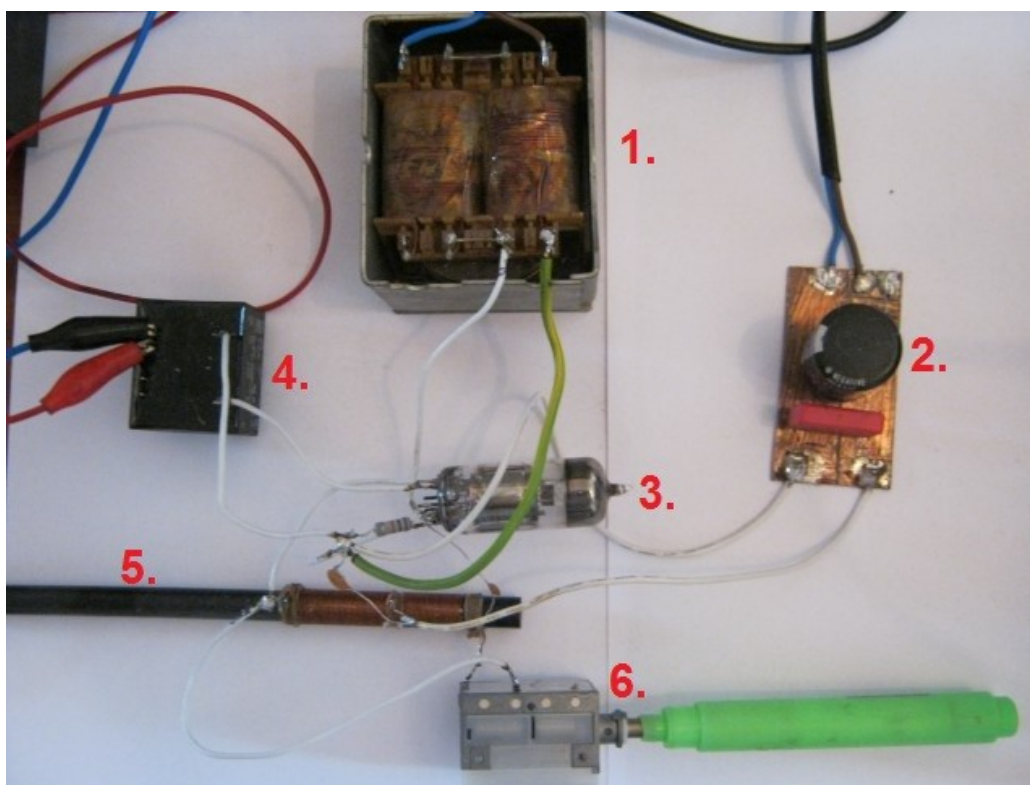
Typ Použití	Rozměry Patice	Žhavení		Provozní hodnoty				Mezní hodnoty			
		Statické hodnoty									
EF183	Velikost N 3	$U_f$	6,3 V	Vf nebo mf zesilovač:				$U_{a0}$	550 V		
		$I_f$	0,3 A					$U_a$	200	230	V
		$I_f$	0,3 A	$U_{g3}$	0	0	V	$W_a$	2,5 W		
		$U_f$	6,3 V	$U_{bg2}$	200	230	V	$U_{g20}$	550 V		
		nepřímé žhavení		$R_{g2}$	24	39	k $\Omega$	$U_{g2}$	250 V		
		$U_a$	200 V	$U_{g1}$	-2	-9,5	-2,1	-12	V	$W_{g2}$	0,65 W
		$U_{g3}$	0 V	$I_a$	12	2,7	10,5	2,4	mA	$-U_{g1}$	50 V
		$U_{g2}$	90 V	$S$	12,5	0,625	10,6	0,5	mA/V	$I_k$	20 mA
		$U_{g1}$	-2 V	$R_{g1}(k)$					1	M $\Omega$	
		$I_a$	12 mA	$R_{g1}(p)$					0,5	M $\Omega$	
		$I_{g2}$	4,5 mA	$R_{g3}$					50	k $\Omega$	
		$S$	12,5 mA/V	$U_{k/f}$					150	V	
		$R_f$	500 k $\Omega$	$R_{k/f}$					20	k $\Omega$	
		$Z_{g1}(f = 40 \text{ Mc/s})$	10 k $\Omega$	$-U_{g1}(I_{g1} = +0,3 \mu\text{A})$					1,3	V	
								Kapacity:			
						$C_{g1}$				9 pF	
						$C_a$				3 pF	
						$C_{a/g1}$				<0,0055 pF	



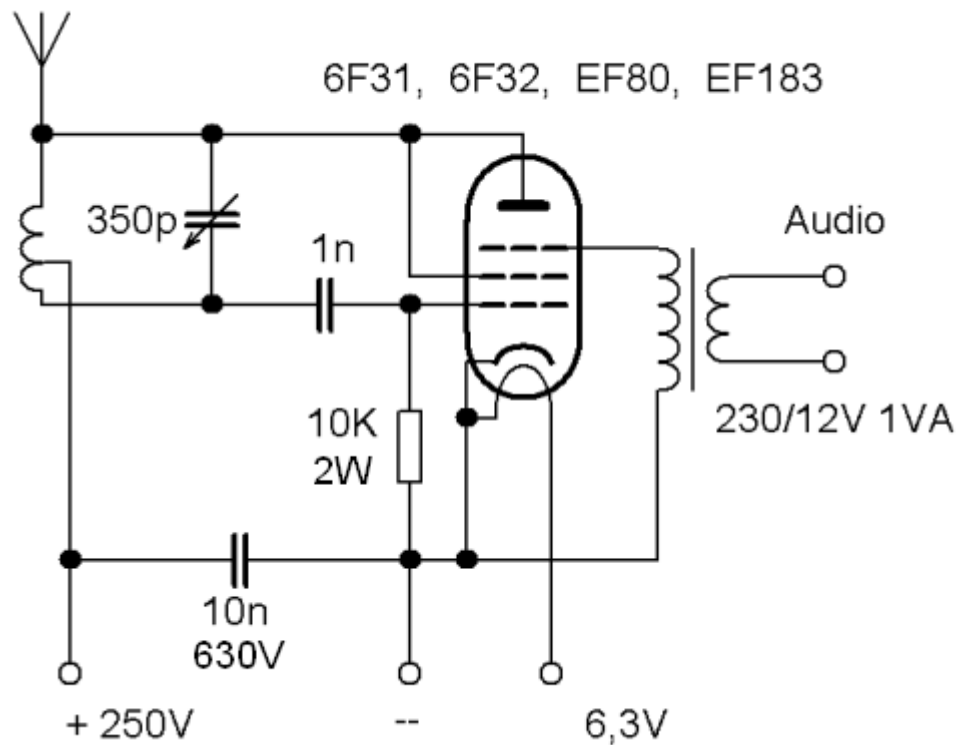
Rízená pentoda  
vf a mf zesilovač  
v televizních přijímačích

24. obr. Katalogový list elektronky EF183, kde jsou uvedeny charakteristické hodnoty.

Zdroj anodového napětí elektronky, byl sestaven podle schématu, který byl samostatně odzkoušen a pomocí regulačního auto-transformátoru nastaveno napětí 160V, protože maximální napětí podle katalogového listu je 200V. Žhavicí transformátor měl napětí 7,4V a pro žhavení elektronky jsou udány hodnoty napětí a proudu v katalogovém listu, což je 6,3V a proud 0,3A. Pomocí Ohmova zákona byl dopočítán rezistor o hodnotě 3,66R. V řadě rezistoru E12 se tato hodnota nenachází, tak byl použit rezistor o hodnotě 3,3R a výkonu 2W. Celý vysílač byl z hlediska bezpečnosti oddělen od sítě pomocí oddělovacího transformátoru s převodem 1:1 a výkonu 100VA. Místo antény byl použit tzv. bezindukční rezistor o hodnotě 10k, do kterého bylo vysílání signálu soustředěno. Výkonový vysílač s elektronkou GU-81m nemohl být z hlediska bezpečnostních předpisů sestaven, protože na anodě elektronky je vysoké napětí až 3000V. Na takto vysoké napětí musí být speciálně konstruované přístroje, které nebyli k dispozici. Z tohoto důvodu nemůže být dokonale popsána funkce vysílače a možnost je porovnat z hlediska náročnosti na komponenty zařízení.



25. obr. Sestavený vysílač na pracovním stole. 1- Žhavicí transformátor, 2- Zdroj anodového napětí, 3- Elektronka EF183 s přiletovanými součástkami, 4-Modulační transformátor, 5- Cívka navinutá na feritovém jádře, 6- Ladicí kondenzátor.

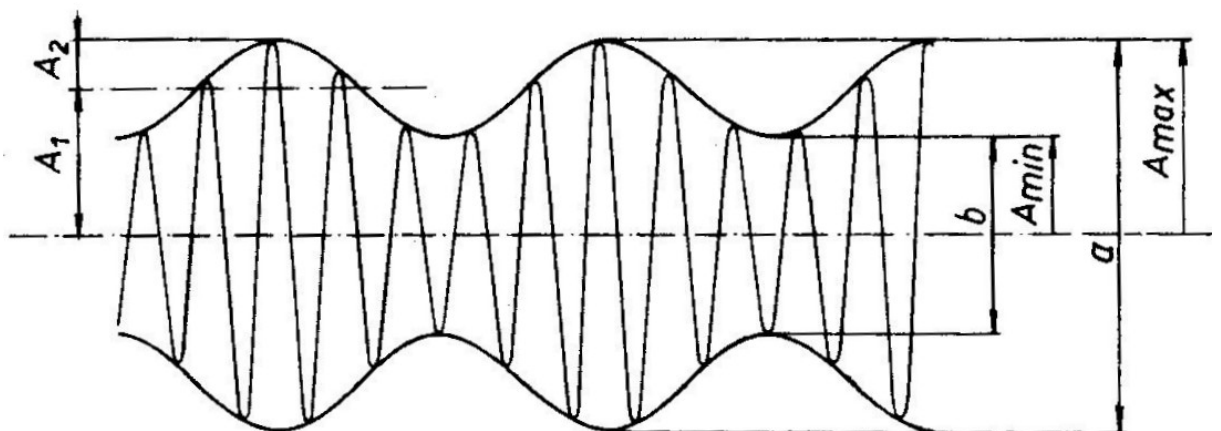


26. obr. Schéma elektronkového AM vysílače.

#### 4.1 Funkce vysílače

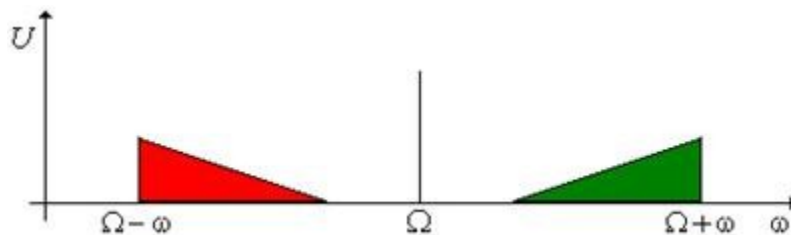
Vysílač využívá tzv. amplitudovou modulaci. To znamená, že se konstantní amplituda vlivem modulujícího signálu mění. Pro výpočet hloubky modulace existuje vzorec. Hloubku modulace udáváme obvykle v procentech, tedy

$$m = \frac{a-b}{a+b} \cdot 100 [\%]$$



27. obr. Znárodněná hloubka modulace

Modulace není zpravidla prováděna pouze jedním signálem, ale celým pásmem, proto se vyskytují ve spektru tzv. dvě postranní pásma o šířce  $\omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max}$ .



28. obr. Horní a dolní postranní pásmo

Pásmo součtových kmitočtů se nazývá horní postranní pásmo. Pásmo rozdílových kmitočtů se nazývá dolní postranní pásmo. Pro přenos informace není nutné přenášet obě postranní pásma, postačí přenést jedno pásmo. Zabere se tak poloviční šířka pásma. Výběr dolního nebo horního postranního pásma lze provést filtrací nebo přímo použitím některé metody modulace, která obsahuje ve svých produktech pouze jedno postranní pásmo. Pro správnou funkci vysílače a dokonalého odrušení ostatních komponentů vysílače musí být správně komponenty rozmístěny. Vf obvody by měli být odstíněny cínovaným plechem, aby nedocházelo k rušení a šumu v signálu. U výkonových vysílačů jsou jednotlivé komponenty odděleny plechovými mřížkami a skříněmi.

## 4.2 Parametry vysílače

Parametry vysílače by měli být:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Výkon	1,6	W
Dosah	300	m
Druh modulace	AM	-
Anodové napětí	160	V
Anodový proud	0,01	A
Žhavicí napětí	6,3	V
Žhavicí proud	0,3	A
Napětí G1	0	V
Napětí G2	160	V

## 5 Závěr

V závěru této práce bych chtěl uvést, že konstrukce elektronového vysílače v „domácích podmínkách“ je velice složitá a namáhavá věc. Pro konstrukci je třeba mít léta praxe v oboru anténní techniky a přenosových systémů a potřebné vybavení pro práci s vysokým napětím. Dále je důležité mít znalosti pro práci s vysokým napětím a příslušné zkoušky. R je třeba mít radioamatérskou licenci, která opravňuje k vysílání na KV a VKV pásmech. V tomto pásmu je omezený výstupní výkon na 10W pro třídu N a pro třídu A 750W.

## 6 Použitá literatura a odkazy

Obrázky:

1. [http://www.capturedlightning.org/hot-streamer/brett/vttc/813\\_vttc\\_toplevel.jpg](http://www.capturedlightning.org/hot-streamer/brett/vttc/813_vttc_toplevel.jpg)
2. [http://www.dnaelektro.cz/images-maxi/120510\\_BB\\_00\\_FB.EPS.jpg](http://www.dnaelektro.cz/images-maxi/120510_BB_00_FB.EPS.jpg)
3. <http://sinz.zacatek.cz/foto/646247a1x1.jpg>
4. <http://patice.eshop-zdarma.cz/shopy/patice.eshop-zdarma.cz/zbozi/185/1290457590.jpg>
5. <http://r-type.org/pics/aaa0021.jpg>
6. <http://alfaelektronky.cz/galer/dcg4/dcg4.jpg>
7. <http://www.qro-shop.com/Bilder/gu43b.jpg>
8. <http://www.motorydockal.cz/image.php?nid=9741&oid=2075744>
9. <http://www.motorydockal.cz/image.php?nid=9741&oid=2075719>
10. <http://www.profi-elektronika.cz/FotoCache/50/600x1000/patice-elektronky-9-pin-detail-nahled-35891.jpg>
11. [http://et.wikipedia.org/wiki/Pilt:Diode\\_vacuum\\_tube.png](http://et.wikipedia.org/wiki/Pilt:Diode_vacuum_tube.png)
12. <https://picasaweb.google.com/OK2SJF/Topolna#>
13. <http://www.andycowley.com/valves/old/fdiode/fdiode.html>
14. <http://danyk.wz.cz/gu81.html>
15. <http://ok1amf.sweb.cz/konstrukce/GU43B/GU43B.htm>
16. <http://pokusy.chytrak.cz/indexelektronky2.htm>



Literatura:

17. [http://www.revos.cz/img/content/reference/vykonove-prepinace/ceps-praha-cebin/detail/cebin\\_transformator\\_s\\_prepinacem\\_troberlin.jpg](http://www.revos.cz/img/content/reference/vykonove-prepinace/ceps-praha-cebin/detail/cebin_transformator_s_prepinacem_troberlin.jpg)
18. <http://www.lac.cz/servis/caste-dotazy/>
19. [http://jirky.webz.cz/zobraz\\_katalog.php?id=371](http://jirky.webz.cz/zobraz_katalog.php?id=371)
20. <http://pokusy.chytrak.cz/schemata/indexamko.htm>
21. <http://danyk.wz.cz/gu81.html>
22. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Měď#Pou.C5.BEit.C3.AD>
23. [http://cs.wikipedia.org/wiki/Olověný\\_akumulátor#Trak.C4.8Dn.C3.AD\\_baterie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Olověný_akumulátor#Trak.C4.8Dn.C3.AD_baterie)
24. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Transformátor>
25. <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1389-amplitudova-modulace>
26. <http://www.crk.cz/CZ/KONCEC>
27. <http://www.ackoo.estranky.cz/clanky/modulace.html>
28. <http://pokusy.chytrak.cz/indexelektronky2.htm>
29. <http://moryst.sweb.cz/elt2/stranky1/elt010.htm>
30. <http://www.shinjo.info/frank/sheets/010/e/EF183.pdf>

Vlastní tvorba obrázků:

1. Obrázek 3 – Stará trioda
2. Obrázek 14 – Výkonové elektronky
3. Obrázek 22 – Sestavený vysílač s EF183

## 7 Seznam příloh

- Příloha č. 1 Svolení k použití fotografií – Richard Úlehla  
Příloha č. 2 Svolení k použití fotografií – Pavel Skarolek  
Příloha č. 3 Svolení k použití fotografií – Dan Tichý  
Příloha č. 4 Svolení k použití fotografií – Marek Frajt